

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НАВКОЛО ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК В УМОВАХ ДП «ШАХТОУПРАВЛІННЯ «ПІВДЕННОДОНБАСЬКЕ №1»

*С.В. Машиурка, Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»,
Дніпропетровськ, Україна*

Наведені результати шахтних досліджень розвитку геомеханічних процесів в масиві порід навколо виробки у складних умовах ШУ «Південнодонбаське №1». Виявлені характерні види деформацій кріплення і обсяги ремонтних робіт. Встановлені основні фактори, які визначають ступінь складності експлуатації виробок. На різних етапах експлуатації виробки отримані залежності зміщень породного контуру від часу. Показано вплив підривання порід підшви на інтенсифікацію геомеханічних процесів у виробці. Запропоновано найбільш ефективні засоби забезпечення експлуатаційного стану виробки поза і в зоні впливу очисних робіт, що дозволить зберегти виробку для повторного використання.

ВСТУП. Збільшення глибини розробки та інтенсифікація гірничих робіт на шахтах вимагають реалізації комплексу заходів, спрямованих на підвищення надійності та безпеки праці, а також на зниження вартості та матеріаломісткості технологічних засобів. У цьому плані повторне використання виробок дозволить істотно скоротити витрати на підготовку нових видобувних ділень, знизить собівартість вугілля, але потребує застосування ефективних систем кріплення та додаткових заходів в складних геомеханічних умовах розробки.

Актуальним є це питання для Шахтоуправління «Південнодонбаське №1», річний обсяг видобутку вугілля на якому становить 900 тис. т. В даний час на шахті працюють 3 очисні забої. Спосіб підготовки – погоризонтний. Відпрацювання пластів проводиться в низхідному порядку. Обсяг проведення підготовчих виробок становить 8 км на рік.

Умови залягання родовища є складними. Всі вугільні пласти за потужністю відносяться до тонких і дуже тонких. Вміщуючи породи схильні до обвалення, здимання й втрати стійкості навіть при незначному розмоканні. Засоби кріплення і підтримки виробок, що застосовують в даний час не забезпечують їх експлуатаційного стану.

Вирішенням проблеми підтримки виробок при видобутку вугілля займалися багато провідних фахівців. Сьогодні є цілий ряд технологічних рішень, що дозволяють, в окремих випадках, забезпечувати стійкість виробок в експлуатаційному стані з повторним їх використанням [1, 2 та ін.]. Однак для кожної конкретної видобувної діленьки необхідно враховувати специфіку гірничотехнічних і гірничо-геологічних умов, що вимагає проведення відповідного комплексу досліджень.

Завдання забезпечення стійкості виробки для повторного використання є дуже складним в науковому та технічному плані. Така виробка в процесі експлуатації послідовно відчуває різні за напрямком і величиною навантаження. Тому, конструкція кріплення та елементи охорони виробки повинні ефективно працювати на всіх етапах підготовки та відпрацювання пласта: поза зоною впливу очисних робіт; в зоні впливу лави; на сполученні з лавою і за нею.

Метою досліджень, результати яких наведені в статті, було вивчення геомеханічних процесів, що відбуваються в масиві порід навколо виробки для обґрунтування заходів з підвищення її стійкості й можливості повторного використання в умовах ШУ «Південнодонбаське №1».

ОСНОВНІ МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Шахтні дослідження, виконані в підготовчих виробках, включали оцінку гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов їх експлуатації, візуальне обстеження виробок, виявлення найбільш характерних деформацій кріплення і приконтурного масиву, а також виконання інструментальних вимірювань на встановлених замірних станціях на різних етапах експлуатації виробки.

Для попереднього моніторингу були обрані виробки підготовки та відпрацювання 12-ї західної лави (рис. 1). Виймова ділянка 12-ї західної лави пл. С₁₈ відпрацьовується

зворотним ходом, довгим стовпом за повстанням пласта. Довжина лави 230 м. Довжина виїмкової ділянки 1050 м. Потужність пласта, що виймається – 1,09 м.

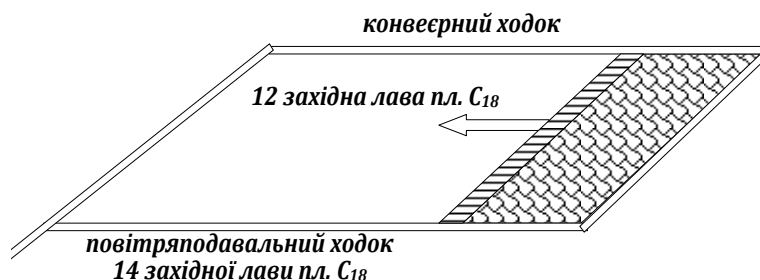


Рис. 1. Викопіювання з плану гірничих робіт виїмкової ділянки 12-ї західної лави пл. С₁₈

Основними підготовчими виробками 12-ї західної лави пл. С₁₈, є повітряподавальний ходок 14-ї західної лави, що використовується повторно та погашається за очисним вибоєм і конвеєрний ходок 12-ої лави, який зберігається для видачі вихідного струменя повітря та відпрацювання сусідньої лави, введення якої передбачається через 2 ... 4 роки після відпрацювання існуючої. За паспортом обидві підготовчі виробки закріплені кріпленням КМП-А3/11,2 з СВП-27 з суцільною дерев'яною затяжкою.

Згідно з паспортом для підтримки вузла сполучення лави з конвеєрним ходком 12 західної лави, в ніші, на відстані не більше 4,9 м від лінії очисного вибою, з завального боку конвеєра, зводиться смуга Текхард, шириною 1,1 м. Від неї вглиб лави встановлюється обрізне кріплення з органного ряду з щільністю установки 4 стійки на 1 м. В якості підсилюючого кріплення конвеєрного ходку під верхняк кожної рами аркового кріплення, встановлюються дерев'яні стійки діаметром 18...20 см, які повинні випереджати вибій лави не менше ніж на 25 м.

У безпосередній підошві пласта локальними ділянками залягає піщаник темно-сірий, у верхній частині «кучерявчик», потужністю до 0,7 м і міцністю 3...4. За основною трасою піщаник заміщений алевролітом з «несправжньою підошвою» шаром 0,35 м, який схильний до швидкого розмокання.

Моніторинг стану виробок підготовки та відпрацювання 12-ї західної лави, виконаний в січні 2014 р. дозволив зробити наступні висновки.

В цілому поточний стан виробок, що досліджуються, можна вважати задовільним, в т.ч. за рахунок своєчасного виконання ремонтно-відновлювальних робіт, а також реалізації відповідних заходів щодо посилення кріплення виробки (рис. 2).

Стан порід, за винятком зон впливу геологічних порушень і зон з підвищеним водопритоком, відносно стійкий; породи бортів і покрівлі мінімально деформовані; кількість заколів, тріщин і розшарувань незначне; обтиснення рам кріплення рівномірне. Однак, при наявності навіть незначної кількості вологи, відбувається різка втрата стійкості масиву, що часто призводить до руйнування навіть посилених ремонтними ділянками виробки.

Основний вид деформації порід – здимання підошви різної інтенсивності. По трасі повітряподавального ходка 14-ї західної лави пл. С₁₈, що погашається в міру посування очисного вибою лави, вертикальна конвергенція за рахунок здимання, призводить до втрати площі перерізу виробки до незадовільного стану.

Фактичний стан рамного кріплення можна охарактеризувати як незадовільний внаслідок суттєвих відхилень від паспорта кріплення. До основних видів деформації рамного кріплення можна віднести втрату симетрії кріплення; розрив замків; викручування і розрив стійок кріплення. На багатьох ділянках податливість рам не вичерпана. Однак є ділянки, де в замках рам кріплення спостерігаються розриви профілю стійок, що, ймовірно, пояснюється неякісною установкою рами (відсутність другого хомута, міжрамних стяжок та ін.).

Кріплення виробки по всій довжині посилене дерев'яними ремонтними з кроком установки 0,8 м (в місцях перетину зон ПГД – 0,5 м). Після проходження лави встановлюються парні

ремонтини з таким же кроком. Перед лавою з випередженням на 50...60 м по мірі можливості встановлюються 2 спарених анкера з підхопленням під верхняк. Також в силу технологічної необхідності до вікна лави постійно ведуться локальні роботи з підривання порід підшви. На ряді пікетів виконуються роботи з перекріплення виробки.



Рис. 2. Стан конвеєрного ходка після підривання порід підшви до підходу лави

Швидкість руху лави становить 2,5...3 м/сут. За відомостями технологічної та геологічної служби шахти прояви впливу лави в ходку незначні, відзначаються на відстані 30...50 м.

Режим роботи рамного кріплення по трасі обстеження не відповідає умовам експлуатації. Мінімальна висота ходка, заміряна на ПК 49...60, становить 1,9 м при проектній – 3,1 м.

На підставі аналізу гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов експлуатації, результатів попереднього обстеження виробок, даних маркшейдерської служби шахти, до основних факторів, що ускладнюють існуючу ситуацію слід віднести наступні.

1. Наявність слабких вміщуючих порід схильних до обвалення і здимання, а також до різкої втрати стійкості навіть при незначному розмоканні.

2. Значна кількість непрогнозованих мілкоамплітудних геологічних порушень навколо виробок, що досліджуються.

3. Високий ступінь концентрації гірничих робіт.

4. Невідповідність засобів забезпечення тривалої стійкості виробок умовам їх експлуатації.

Тут слід зазначити, що наявність здимання порід дозволяє віднести умови експлуатації виробки до категорії «особо складних» і є основним чинником, що визначає, в кінцевому рахунку, стан виробки на весь термін її служби.

Як відомо, в умовах великих глибин розробки здимання не є якимось локальним процесом, що діє тільки в породах підшви. Деформаційні процеси охоплюють весь приконтурний масив, а здимання, як показано в [3], є ознакою «великих глибин розробки», при яких масштаб зміщень контуру виробки і руйнувань порід в її околі дуже значні за величиною.

При неприпустимій величині здимання порід підшви і зменшенні корисної площі перерізу виробки, виконується підривання, ступінь впливу якого на подальший стан виробки визначальний.

Оцінка впливу підривання на швидкість деформаційних процесів виконувалася на контурних замірних станціях, встановлених в конвеєрному ходку 12-ї західної лави пл. С₁₈, одна група яких (ЗС-1, ЗС-2, ЗС-3) влаштовувалася відразу при проведенні виробки, інша група (ЗС-4, ЗС-5, ЗС-6) – після проведення робіт з підривання підшви на висоту 0,6...0,8 м.

Контурні репери є металеві стрижні, закріплені в дерев'яних пробках, які встановлювалися і розклинювалися в спеціально пробурених шпурах глибиною до 0,5 м у покрівлі, підшві, боках виробки (вище пласта). Контурні репери встановлювалися на відстані 0,5...2,5 м від вибою виробки або місця підривання в одній площині за межами зони впливу очисних робіт.

Заміри зміщень покрівлі та підшви проводилися від горизонталі (гумовий джгут, натягнутий між горизонтальними контурними реперами) до контурних реперів в покрівлі та підшві відповідно. Вимірювання зміщень проводилися протягом 150...170 діб (рис. 3).

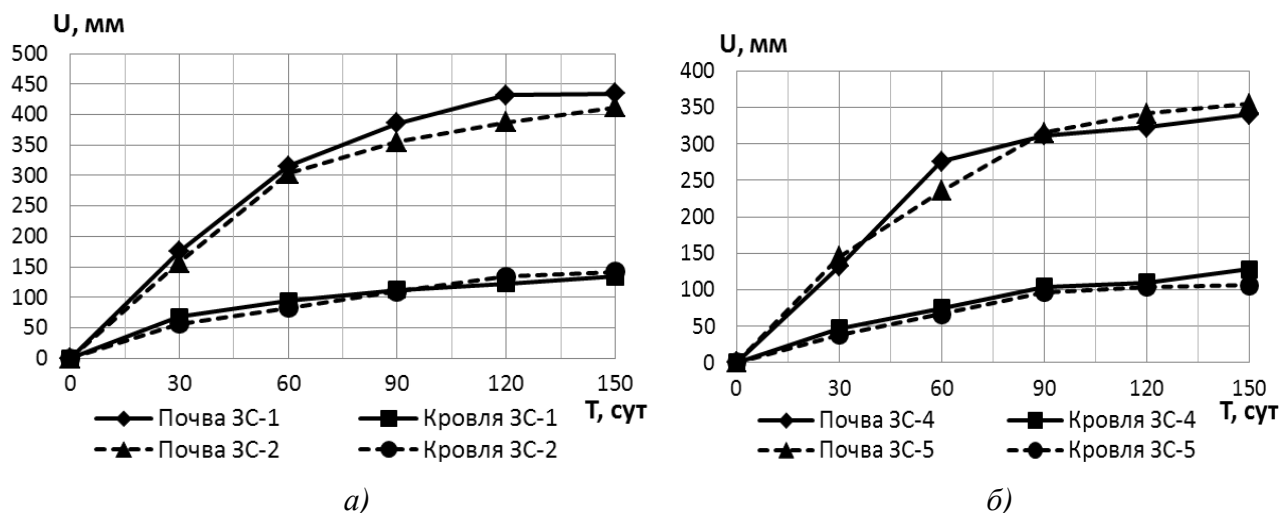


Рис. 3. Результати вимірювань зміщень підшви та покрівлі в конвеєрному ходку 12-ї західної лави пл. С₁₈: а – на замірних станціях ЗС-1 і ЗС-2 при проведенні виробки; б – на замірних станціях ЗС-4 і ЗС-5 після проведення підривання порід підшви

Як на першій (після проведення), так і на другій (після підривання) ділянці характерною особливістю деформаційних процесів є наявність двох етапів, що відрізняються інтенсивністю деформацій. При проведенні виробки перший етап – інтенсивних зміщень становить 60...90 діб, при швидкості зміщень підшви 5,0...6,0 мм/добу на початку і 2,0...2,5 мм/добу в кінці цього етапу. На другому етапі інтенсивність деформацій знижується, швидкість зміщень підшви становить 0,5...1,0 мм/добу. Швидкості зміщень покрівлі в 2,5...3 рази менше швидкості зміщень підшви.

Незважаючи на істотне зниження інтенсивності зміщень контуру виробки, їх величина, особливо з боку підшви, сягає 0,6...1,0 м і більше, при загальній вертикальній конвергенції 1,0...1,5 м, що призводить до необхідності виконання підривання.

Після підривання, інтенсивність зміщень порід підшви та покрівлі різко збільшується. Швидкість зміщень підшви зростає в 4...8 разів, однак тривалість періоду інтенсивних деформацій зменшується. Етап інтенсивних зміщень становить 50...60 діб при швидкості зміщень підшви від 4,0...4,5 мм/добу на початку до 1,0 ... 1,5 мм/добу в кінці цього періоду. На другому етапі інтенсивність деформацій знижується, швидкість зміщень підшви становить 0,5...0,75 мм/добу.

Підривання також провокує підвищення зміщень порід покрівлі, величина якої менше, ніж після проведення виробки. Тим не менш, загальні зміщення порід покрівлі за період спостережень становлять 100...130 мм.

Ще одна група замірних станцій (ЗС-11, ЗС-12, ЗС-13) була встановлена на ділянці конвеєрного ходка перед проходом лави, на відстані, коли вплив очисних робіт ще відсутній (60...70 м). Як і в попередніх серіях вимірювань фіксувалися зміщення боків, покрівлі та підшви виробки. Результати замірів на двох замірних станціях наведені на графіку (рис. 4). Негативні значення показують відстань замірної станції до очисного вибою, позитивні – після проходку вибою лави.

Результати виконаних замірів свідчать, що вплив рухомого вибою лави стало помітним на відстані 35...40 м до його площини. При цьому найбільш інтенсивні деформації відбувалися

на відстані від 15 м до підходу площі вибою і впродовж 10 м після його проходу. Після цього інтенсивність зсувів дещо знизилася.

Найбільші зміщення зафіксовані з боку підосви виробки. На відстані 157 м за лавою вони склали 700 мм за період спостережень тільки в зоні впливу очисних робіт. Зміщення покрівлі за цей же період склали 270...320 мм. Внаслідок значних зміщень, деформацій і руйнувань елементів кріплення, для ефективного провітрювання виїмкової ділянки на відстані 220...230 м позаду вікна лави виконувалося перекріплення виробки з підриванням порід підосви на висоту 0,5 ... 0,6 м.

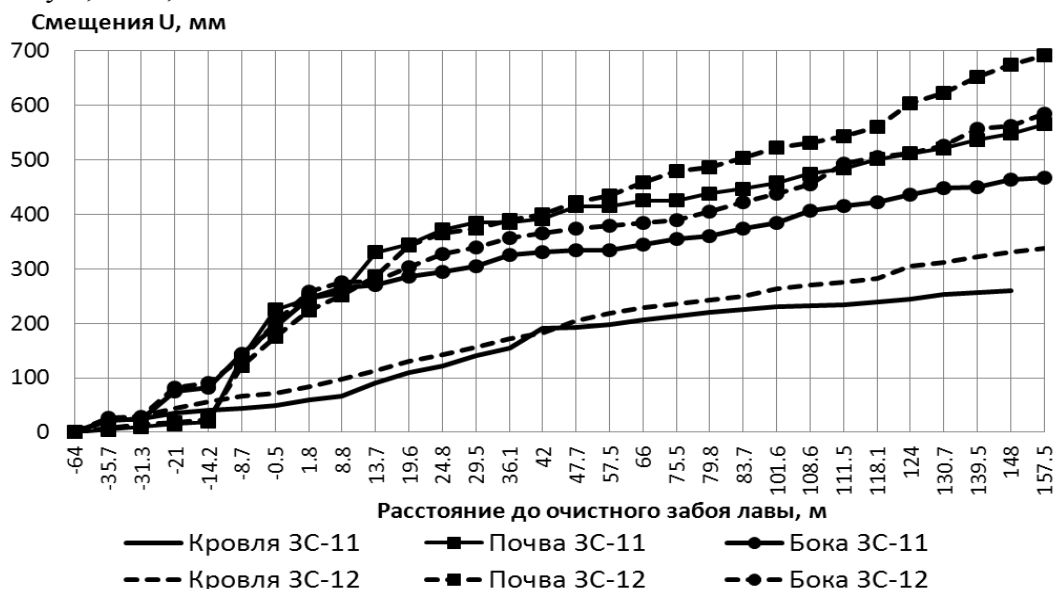


Рис. 4. Результати інструментальних вимірювань в конвеєрному ходку в зоні впливу рухомого вибою лави

Розглянута технологія збереження виробки для повторного використання є надзвичайно трудомісткою, витратною і необґрунтованою з точки зору геомеханіки деформаційного процесу, що протікає навколо виробки.

Величина гірського тиску, який відчуває підготовча виробка, визначається глибиною її розташування, міцністю і структурою порід. В умовах великих глибин при значних величинах гірського тиску, традиційне металеве кріплення, майже не перешкоджає розшаруванню порід, що вміщують виробку. Цьому сприяє практично повна відсутність забутовки закріпного простору і, відповідно, щільного контакту між кріпленням і породним контуром.

Великі деформації приконтурного масиву призводять до неприпустимих зміщень покрівлі і підосви, викликаючи необхідність підривання і перекріплення виробки. Так як зміщення порід підосви в основному мають незатухаючий характер, то за час існування виробки доводиться виконувати багаторазові підривання, що пов'язано зі збільшенням обсягу породи, що видається на поверхню, додатковими витратами матеріалів на ремонт кріплення та рейкового шляху, відволіканням робітників на ремонт і перекріплення виробок, порушенням роботи видобувних ділянок і шахтного транспорту.

Більше того, підривання підосви в кінцевому рахунку призводить до інтенсифікації зривання і зниження стійкості виробки. В умовах великих глибин таке підривання викликає порушення рівноважного стану порід підосви і боків виробки, полегшенню доступу води до пластів, що залягають нижче. Швидкість зривання після підривання зростає в 6 ..9 разів і більше порівняно з середніми швидкостями, зафіксованими безпосередньо перед ним [4]. При цьому зона деформованих порід навколо виробки ще більше зростає, збільшує навантаження на кріплення, викликаючи деформацію і руйнування її елементів.

Часто в процесі підривання частково оголюються стійки аркового кріплення, викликає втрату опори на підосву, що рівносильне розкріпленню виробки, зменшенню носійної здатності кріплення та провокування завалів від динамічних дій при обваленні породи.

Практика підтримки виробок в складних умовах показує, що вже після 2...3 підривань, як правило, виробку необхідно повністю перекріплювати.

Вплив очисних робіт ще більше ускладнює ситуацію.

Як відомо, порушені породи приконтурної зони, а також породи III і IV категорій стійкості вельми чутливі до будь-яких додаткових впливів (зволоження, вплив очисних робіт або прилеглих виробок і т.д.), що негайно виявляється у вигляді зміщень контуру (підвищення тиску на кріплення). При цьому зростання зміщень під впливом додаткових навантажень відбувається в основному в результаті збільшення ступеня розпушення приконтурних порід.

Максимальні коефіцієнти розпушення порід спостерігаються після перекріплення виробки позаду очисного вибою. Розміри зони зруйнованих порід у зоні впливу очисних робіт при повторному використанні виробки сягають 15 м і більше, а коефіцієнти розпушення окремих шарів порід – 1,2. Коефіцієнт розпушення метрового шару біля контуру іноді сягає 1,3. Тим не менш, підвищити стійкість виробки можна шляхом збільшення міцності приконтурного масиву. Для цього можна провести попереднє зміцнення шляхом установки анкерів із закріпленням їх по всій довжині. Як зазначається в [5], коефіцієнт зміцнення порід при щільності анкерування 0,7...2,5 шт/м² змінюється: для скельних порід у межах 1,11...1,49; для пластичних – 1,07...1,46; для вуглевміщуючих – 1,15...1,91, що рівноцінно переходу порід у вищу категорію міцності.

Тому для розглянутих геомеханічних умов експлуатації виробок ефективним засобом забезпечення їх стійкості до впливу очисних робіт буде рамно-анкерне кріплення, з установкою анкерів безпосередньо в забої за відповідно до умов обґрунтованою схемою. Це дозволить попередити розшарування приконтурного масиву, великі деформації порід, здимання порід підосви, а також підвищить стійкість виробки в зоні впливу очисних робіт.

ВИСНОВКИ. Комплекс шахтних досліджень, виконаний в умовах ШУ «Південнодонбаське №1» дозволив встановити основні фактори, які визначають ступінь складності експлуатації виробок. Показано, що проведене на різних етапах існування виробки підривання порід підосви інтенсифікує деформаційні процеси в приконтурному масиві порід і викликає необхідність перекріплення. Ефективним засобом підвищення стійкості в розглянутих умовах буде рамно-анкерне кріплення, з установкою анкерів відразу після проведення виробки. Це знизить деформації породного масиву до і в зоні впливу очисних робіт і дозволить зберегти виробку для повторного використання в складних геомеханічних умовах.

Список літератури

1. Демченко А.И. Инженерное обеспечение устойчивого проветривания высоконагруженных лав в горно-геологических условиях пласта d₄ шахты «Красноармейская-Западная № 1» / А.И. Демченко, М. Куласек // Глюкауф. – 2003. – № 4. – С. 45-50.
2. Скипочка С.И. Элементы геомеханики угленосного массива при высоких скоростях подвигания лав / С.И. Скипочка, Б.М. Усаченко, В.Ю. Куклин. – Днепропетровск: ЧП «Лири ЛТД», 2006. – 248 с.
3. Шашенко А.Н. Пучение пород почвы в выработках угольных шахт / А.Н. Шашенко, А.В. Солодянкин, А.В. Смирнов. – Днепропетровск: ЛизуновПрес, 2015. – 256 с.
4. Зубов В.П. Влияние подрывов на пучение пород в подготовительных выработках / В.П. Зубов, Л.Н. Чернышков, К.Н. Лазченко // Уголь Украины. – 1985. – № 7. – С. 15-16.
5. Костогрыз В.И. Эффективность упрочнения пластичных пород анкерование / В.И. Костогрыз // Науковий вісник НГА України. – 1998. – №3. – С. 13-15.